

## СПРАВОЧНЫЙ ДОКУМЕНТ «ЦИФРОВАЯ БАЗА КВНО»

**В.Ф. Фатеев, Р.А. Давлатов, Д.С. Бобров, М.М. Мурзабеков,  
Е.А. Рыбаков, В.П. Лопатин**

*ФГУП «ВНИИФТРИ», Менделеево, Московская обл.  
fateev@vniiftri.ru, davlatov\_r\_a@mail.ru, bobrov@vniiftri.ru,  
murzabekov@vniiftri.ru, rybakov@vniiftri.ru, lopatin@vniiftri.ru*

*В настоящее время для обеспечения определения местоположения потребителя, находящегося в условиях полного отсутствия сигналов ГНСС (под водой, под землей) или нарушения непрерывности навигационного сигнала (тоннели, каньоны, пещеры), а также при работе в закрытых помещениях, разрабатывается ассистирующая технология навигации по геофизическим полям. Для обеспечения этой системы необходима информация о параметрах гравитационного и магнитного полей Земли, что требует разработки специального справочного документа. В статье представлены результаты создания проекта справочного документа для решения задач геодезии и навигации в околоземном пространстве, в том числе по гравитационному и магнитному полям Земли.*

*Ключевые слова: справочный документ, КВНО, цифровая база, навигация по геофизическим полям.*

## REFERENS DOCUMENT «DIGITAL BASE»

**V.F. Fateev, R.A. Davlatov, D.S. Bobrov, M.M. Murzabekov, E.A. Rybakov,  
V.P. Lopatin**

*Head of Scientific and Technical Center FSUE «VNIIFTRI», Mendeleevo, Moscow Region  
fateev@vniiftri.ru, davlatov\_r\_a@mail.ru, bobrov@vniiftri.ru,  
murzabekov@vniiftri.ru, rybakov@vniiftri.ru, lopatin@vniiftri.ru*

*Currently, an assisted technology for navigating geophysical fields is being developed to provide consumer positioning. To ensure this system, information is needed on the parameters of the gravitational and magnetic fields of the Earth, which requires the development of a special reference document. The article presents the results of creating a draft background document for solving geodesy and navigation problems in near-Earth space, including the Earth's gravitational and magnetic fields.*

*Key words: reference document, KVNO, digital base, navigation through geophysical fields.*

### **Введение**

В настоящее время на территории Российской Федерации используются геодезическая система координат (СК) 2011 года и общеземная геоцентрическая система координат "Параметры Земли 1990 года".

Для каждой СК разработаны справочные документы (СД):

– краткое руководство по работе в геодезической системе координат 2011

года [1];

– справочный документ «Параметры Земли 1990 года» (ПЗ-90.11) [2].

Справочные документы содержат в себе параметры системы координат, описание ее основных элементов и перечень формул для расчета этих элементов. Однако эти документы не в полной мере соответствуют задачам навигации по геофизическим полям.

Разработанный СД назван как «Цифровая Земля в КВНО» и содержит в себе расширенный объем информации, необходимой при решении задачи определения местоположения потребителя на Земле и в околоземном пространстве.

Отдельно необходимо отметить, что указанные СК не в полной мере соответствуют современным мировым требованиям к точности построения и имеют ряд ограничений [3]. В статье рассматривается возможность использования созданного в кооперации аппаратно-программного комплекса для разработки экспериментальной СК с целью формирования требований к полноте, составу и объему измерительной информации для достижения необходимого уровня точности.

#### **Общее описание справочного документа**

С точки зрения развития комплексной навигации в ГНСС с использованием гравитационного поля Земли (ГПЗ) и магнитного поля (МПЗ) принятые справочные документы имеют ограничения по следующим позициям:

1. При разработке не в полной мере рассматривались результаты зарубежных проектов по созданию глобальных ГГСК и моделей ГПЗ и МПЗ.
2. Структура и содержание недостаточны для осуществления навигации по ГПЗ и МПЗ.
3. Не рассмотрены модели околоземного пространства применительно к геодезии и навигации, в частности Земной системе координат.

Кроме того, актуальность разработки нового специального справочного документа в интересах развития методов КВНО вызвана следующими дополнительными обстоятельствами:

1. Появлением новых высокоточных средств и принципиально новых измерительных средств в геодезии и гравиметрии.
2. Необходимостью обеспечения конкурентно способного уровня геопространственной информации, формируемой в РФ, с учетом требований GGOS и мероприятий по формированию единой системы координат.

3. Созданием на сегодняшний день новых, более точных, отечественных версий ГГСК и ГПЗ.

4. Созданием релятивистской теории метрологии космических геодезических и навигационных измерительных систем.

5. Необходимостью создания цифрового геопространства в КВНО как части цифровой инфраструктуры государства.

В соответствие с этим, в проект «Цифровая Земля в КВНО» дополнительно к существующим СД включена следующая дополнительная информация:

- цифровая модель геоида;
- характеристики гравитационного градиента;
- параметры магнитного поля Земли;
- методы расчета релятивистских поправок при навигации в околоземном пространстве – времени;
- краткое описание основных технических средств в обеспечении геодезии, гравиметрии, магнитометрии и навигации по геофизическим полям Земли;
- методы и средства метрологического обеспечения в навигации и геодезии;
- прогноз развития методов и средств навигации по геофизическим полям Земли;
- предложения по расширению состава Российских сегментов сервисов IAG и GGOS.

Ниже представлено содержание нового СД «Цифровая Земля в КВНО». При этом жирным шрифтом отмечены вновь введенные разделы, отсутствующие в ГСК-2011 и ПЗ-90.02:

**Актуальность разработки справочного документа**

**1. Цифровая Земля как основа КВНО.**

2. Основные геодезические постоянные.

3. Системы координат.

**3.1. Невращающиеся системы координат (небесная СК ICRS).**

3.2. Основные земные СК, вращающиеся вместе с Землей.

**3.3. Проект единой (экспериментальной) государственной геодезической системы координат.**

4. Гравитационное поле Земли.

4.1. Параметры гравитационного поля Земли.

- 4.2. Государственные модели гравитационного поля Земли в РФ.**
- 4.3. Зарубежные модели гравитационного поля Земли.**
- 5. Магнитное поле Земли.**
  - 5.1. Параметры магнитного поля Земли.**
  - 5.2. Основные модели МПЗ.**
- 6. Система высот.
  - 6.1. Система высот на основе понятия геоида.
  - 6.2. Система высот на основе понятия квазигеоида.
- 7. Релятивистские поправки в определении времени, частоты и длины на Земле и околоземном пространстве-времени.**
  - 7.1. Длина в ГПЗ.**
  - 7.2. Длина круговой орбиты спутника Земли.**
  - 7.3. Координатное время в ГПЗ.**
  - 7.4. Действительное (измеряемое, собственное) время в ГПЗ.**
  - 7.5. Релятивистские смещения частоты и времени в наземных мобильных атомных часах.**
  - 7.6. Релятивистские эффекты в космических навигационных системах.**
  - 7.7. Релятивистские параметры пространства-времени в системе отсчета ITRS и распространение радиоволн.**
- 8. Технические средства обеспечения точности СК, ГПЗ и учета релятивистских поправок.**
  - 8.1. Технические высокоточные средства формирования СК.**
  - 8.2. Технические высокоточные средства измерения параметров ГПЗ.**
  - 8.3. Технические высокоточные средства измерения параметров МПЗ.**
  - 8.4. Распределенная система мониторинга разности геопотенциальных чисел.**
- 9. Метрология Цифровой Земли и околоземного пространства – времени.**
  - 9.1. Основные эталоны единиц физических величин в области геодезии и гравиметрии.**
  - 9.2. Разрабатываемые эталоны единиц физических величин в области гравиметрии.**
  - 9.3. Наземные полигоны как средство метрологического обеспечения проектов систем координат и моделей ГПЗ, высот квазигеоида, высот геоида и др.**

**9.4. Пункты контроля вариаций УСП.**

**9.5. Пункты геодезической колокации.**

**10. Прогноз развития навигации по ГПЗ и геодезических систем.**

**10.1. Наземные гравиметрические средства.**

**10.2. Перспективы развития пунктов колокации.**

**10.3. КОС «Точка».**

**10.4. Искусственный спутник Земли «БЛИЦ-М».**

**10.5. Малогабаритные РСДБ.**

**10.6. Космический измеритель разности гравитационных потенциалов.**

**10.7. Необходимые отечественные сегменты сервисов в части службы геоида, земных приливов, глобальных моделей Земли (ГПЗ, МПЗ, чисел Лява и др.), цифровых моделей рельефа, альтиметрическая служба.**

**Список использованных источников**

#### **ПРИЛОЖЕНИЯ**

**Приложение А. Результаты сравнения измеренных и модельных значений уклонений отвесной линии.**

**Приложение Б. Фрагмент модели гравитационного поля Земли АПК ГГСК/720.**

**Приложение В. Фрагмент коэффициентов разложения по модели Международного геомагнитного аналитического поля IGRF12 (с 1990 г.).**

**Приложение Г. Цифровая модель превышений геоида на акваториях.**

**Приложение Д. Цифровая модель превышений квазигеоида.**

**Приложение Е. Структура и характеристики макета квантового нивелира.**

**Приложение Ж. Результаты экспериментов по бистатической радиовысотометрии.**

**Приложение З. Результаты оценки характеристик модели гравитационного поля Земли (ГПЗ) EGM2008 на примере Московской области.**

**Приложение И. Результаты регионального мониторинга вариаций ускорения свободного падения.**

## **Заключение**

Для повышения точности национальной геоцентрической системы координат и моделей ГПЗ, развития ассистирующих технологий навигации ГЛОНАСС на основе использования геофизических полей Земли, а также обеспечения расширения сферы практического применения цифровой информации КВНО необходимо разработать справочный документ «Цифровая Земля в КВНО». Проект справочного документа разработан коллективом во ФГУП «ВНИИФТРИ» и согласован с заинтересованными организациями. В настоящее время справочный документ редактируется согласно полученным замечаниям и рекомендациям.

## **Литература**

1. Ефимов Г. Н., Зубинский В. И., Попадъев В. В. Объяснение к геодезической системе координат 2011 года. – М.: Изд-во ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД», 2017.
2. ПАРАМЕТРЫ ЗЕМЛИ 1990 ГОДА. Справочный документ. -Москва, 2014. 52 с.
3. Денисенко О.В., Сильвестров И.С., Фатеев В.Ф., Давлатов Р.А. Возможности формирования единой геоцентрической системы координат// Альманах современной метрологии. 2018. № 15. С. 92-112.